

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2003270585 A

(43) Date of publication of application: 25.09.03

(51) Int. Cl.

G02B 27/09
G02B 5/32
G02B 27/00
G03B 21/00
G03B 21/14
G03F 7/20
H01L 21/027
H04N 5/74

(21) Application number: 2002074027

(22) Date of filing: 18.03.02

(71) Applicant: RICOH CO LTD

(72) Inventor: MIYAGAKI KAZUYA
KAMEYAMA KENJI
KATO IKUO
AISAKA KEISHIN
TAKIGUCHI YASUYUKI

(54) LASER ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM, AND EXPOSURE DEVICE, LASER BEAM MACHINING DEVICE AND PROJECTION DEVICE USING THE SAME

this part and therefore the interference fringes are hardly generated in the part to be irradiated and the compact illumination optical system having the high light utilization efficiency is obtained.

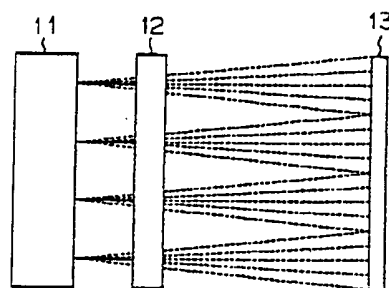
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser illumination optical system which can decrease the interference fringes occurring in the luminous fluxes in the perpendicular direction of the array of a laser array light source, can improve the illumination performance and light utilization efficiency to a part to be irradiated and can make illuminance uniform.

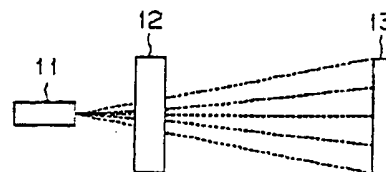
SOLUTION: The laser illumination optical system has at least the laser array light source 11 which emits a plurality of laser beams and a hologram element 12 which is disposed between the light source 11 and the part 13 to be irradiated, converts the respective laser beams emitted from the light source 11 to luminous fluxes of the uniform illuminance of a rectangular shape and irradiates the part 13 to be irradiated with these luminous fluxes. The laser array beams of the Gaussian profile characteristics emitted from the light source 11 are converted to the luminous fluxes of the uniform intensity of the rectangular shape by the hologram element 12 and the part to be irradiated is illuminated with these light fluxes adjacently with each other on

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(a)



(b)



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-270585

(P2003-270585A)

(43)公開日 平成15年9月25日(2003.9.25)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト(参考)
G 0 2 B	27/09	G 0 2 B 5/32	2 H 0 4 9
	5/32	G 0 3 B 21/00	D 2 H 0 9 7
	27/00	21/14	A 2 K 1 0 3
G 0 3 B	21/00	G 0 3 F 7/20	5 0 5 5 C 0 5 8
	21/14	H 0 4 N 5/74	H 5 F 0 4 6
審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 10 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2002-74027(P2002-74027)

(22)出願日 平成14年3月18日(2002.3.18)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 宮垣 一也

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(72)発明者 亀山 健司

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(74)代理人 100067873

弁理士 樺山 亨 (外1名)

最終頁に続く

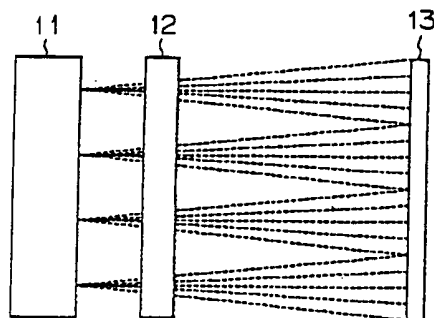
(54)【発明の名称】 レーザ照明光学系及びそれを用いた露光装置、レーザ加工装置、投射装置

(57)【要約】

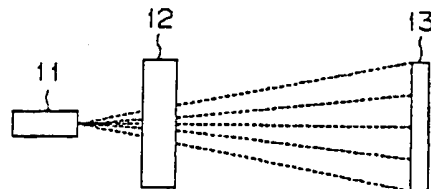
【課題】 レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能と光利用効率を向上させることができ、照度の均一化を図ることができるレーザ照明光学系を実現する。

【解決手段】 本発明のレーザ照明光学系は、少なくとも、複数のレーザ光を出射するレーザアレイ光源11と、該レーザアレイ光源11と被照射部13との間に配設されレーザアレイ光源11から出射される各々のレーザ光を矩形形状の均一照度の光束に変換して被照射部13に照射するホログラム素子12とを有することを特徴としており、レーザアレイ光源11から出射されるガウシアンプロファイル特性のレーザアレイ光をホログラム素子12により矩形形状の均一強度の光束に変換し、被照射部上で隣接して照明するので、被照射部で干渉縞が発生しにくく、コンパクトで光利用効率が高い照明光学系を実現できる。

(a)



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】少なくとも、複数のレーザ光を出射するレーザアレイ光源と、該レーザアレイ光源と被照射部との間に配設され前記レーザアレイ光源から出射される各々のレーザ光を矩形状の均一照度の光束に変換して前記被照射部に照射するホログラム素子とを有することを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 2】請求項 1 記載のレーザ照明光学系において、

前記レーザアレイ光源から出射される各々のレーザ光は、前記ホログラム素子によってガウシアンプロファイル特性の光束から矩形状の均一強度の光束に変換され、かつ、被照射部上で隣接して照明されることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 3】請求項 1 または 2 記載のレーザ照明光学系において、

前記レーザアレイ光源と前記ホログラム素子の間に、前記レーザアレイ光源から出射される各々のレーザ光を平行光束化する平行光束化手段を有することを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 4】請求項 3 記載のレーザ照明光学系において、

前記平行光束化手段は、シリンダリカルレンズアレイとシリンダーレンズで構成されることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 5】請求項 1～4 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系において、

前記ホログラム素子は、2 組のホログラム素子で構成され、これらのホログラム素子は互いに格子方向が直交する直線状の格子であることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 6】請求項 1～4 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系において、

前記ホログラム素子は 1 枚のみで構成されたことを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 7】請求項 1～6 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系と、投影レンズを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 8】請求項 1～6 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系と、レンズを備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 9】請求項 1～6 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系と、色合成手段と、空間変調器と、投射レンズを備えたことを特徴とする投射装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザを光源として被照射部における照度を均一化したレーザ照明光学系と、それを用いた露光装置、レーザ加工装置、投射装置に関する。

【0002】

【従来の技術】レーザを光源とした投射装置は、レーザの発振スペクトルが狭いために色純度の高い投射が期待される。その一方で、レーザは干渉性が高いため、光束を分割してから合成すると干渉縞が発生することがある。例えば、一本のレーザビームを通常のフライアイレンズ光学系で照度均一化すると、被照射部で干渉縞が見られる。また、例えば特開平 8-94839 号公報に記載のホログラム素子では、レーザビームの一部分を被照射部で重ね合わせており、干渉を小さく抑える構成を開示しているが、上記公報の構成でも干渉縞がなくなるわけではない。さらに、特開平 9-80311 号公報に記載の照明装置では、2 枚のホログラム素子を使って均一な強度分布を得る光学系を実現している。しかし、一つのレーザ光源であれば効果があるがアレイ光源への応用が不明である。

【0003】一方、比較的小型で光出力の高いレーザ光源としてレーザアレイ光源（特に半導体レーザアレイ光源）が期待されており、このレーザアレイ光源とフライアイレンズ等を組み合わせることにより被照射部における照度を均一化したレーザ照明光学系を構成することが可能である。

【0004】レーザ照明光学系において、レーザアレイを光源として用いた場合、光共振器の異なる光源から光が発振されるため、アレイ間の光の干渉は無い。このため、干渉縞が被照射部で複数重なることになる。レーザアレイ数が多いほど干渉縞は目立たなくなるが、アレイ数やフライアイレンズ系の組み合わせによっては干渉縞を低減することが難しい。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、請求項 1、2 に係る発明は、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能と光利用効率を向上させることができ、照度の均一化を図ることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。また、請求項 3 に係る発明は、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への光利用効率を高め、広がり角の大きいレーザ光源であっても被照射部への照明性能をさらに向上させることができ、また、平行光束化手段の設置許容を高くすることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。さらに請求項 5 に係る発明は、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への光利用効率と照明性能を向上させ、かつ、ホログラム素子

の設計および作製を容易にすることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。さらに請求項 6 に係る発明は、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への光利用効率と照明性能を向上させ、かつ、照明光学系を簡素にすることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。

【0006】請求項 7 に係る発明は、照明光学系の照度が均一で、レチクルなどへの光利用効率が高く照明性能の良好な露光装置を提供することを目的とする。また、請求項 8 に係る発明は、照明光学系の照度が均一で、干渉縞がなく照度均一性や光利用効率が高いレーザ加工装置を提供することを目的とする。さらに請求項 9 に係る発明は、照明光学系の照度が均一で、空間変調器（ライトバルブ）上で干渉縞が発生せず照明性能が良好な投射装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項 1 に係る発明は、少なくとも、複数のレーザ光を出射するレーザアレイ光源と、該レーザアレイ光源と被照射部との間に配設され前記レーザアレイ光源から出射される各々のレーザ光を矩形状の均一照度の光束に変換して前記被照射部に照射するホログラム素子とを有することを特徴とするものである。また、請求項 2 に係る発明は、請求項 1 記載のレーザ照明光学系において、前記レーザアレイ光源から出射される各々のレーザ光は、前記ホログラム素子によってガウシアンプロファイル特性の光束から矩形状の均一強度の光束に変換され、かつ、被照射部上で隣接して照明されることを特徴とするものである。

【0008】請求項 3 に係る発明は、請求項 1 または 2 記載のレーザ照明光学系において、前記レーザアレイ光源と前記ホログラム素子の間に、前記レーザアレイ光源から出射される各々のレーザ光を平行光束化する平行光束化手段を有することを特徴とするものである。また、請求項 4 に係る発明は、請求項 3 記載のレーザ照明光学系において、前記平行光束化手段は、シリンドリカルレンズアレイとシリンドリカルレンズで構成されることを特徴とするものである。さらに請求項 5 に係る発明は、請求項 1 ～ 4 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系において、前記ホログラム素子は、2 組のホログラム素子で構成され、これらのホログラム素子は互いに格子方向が直交する直線状の格子であることを特徴とするものである。さらに請求項 6 に係る発明は、請求項 1 ～ 4 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系において、前記ホログラム素子は 1 枚のみで構成されたことを特徴とするものである。

【0009】請求項 7 に係る発明は、請求項 1 ～ 6 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系と、投影レンズを備えたことを特徴とするものである。また、請求項 8 に係

る発明は、請求項 1 ～ 6 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系と、レンズを備えたことを特徴とするものである。さらに請求項 9 に係る発明は、請求項 1 ～ 6 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系と、色合成手段と、空間変調器と、投射レンズを備えたことを特徴とするものである。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るレーザ照明光学系及びそれを用いた露光装置、レーザ加工装置、投射装置の構成、動作及び作用を、図示の実施例に基づいて詳細に説明する。

【0011】（実施例 1）まず、請求項 1、2 に係る発明の実施例について説明する。図 1 は請求項 1、2 に係る発明の一実施例を示す図であって、（a）はレーザ照明光学系の概略平面構成図、（b）はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。このレーザ照明光学系は、複数のレーザ発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源 11 とホログラム素子 12 からなり、符号 13 は被照射部を表している。この被照射部 13 は均一化された光束が照射される部分であり、露光装置では露光用マスク（レチクル）が、レーザ加工装置ではワークが、投射装置では空間光変調器（所謂ライトバルブ）がこの被照射部に該当する。

【0012】レーザアレイ光源 11 は、複数のレーザ発光部として、複数のレーザ光源がアレイ状に配列されたものでも良いし、レーザバーのように複数のレーザ光源が集積化された光源であっても良い。また、複数のレーザ発振部がアレイ状に配列された半導体レーザアレイでも良い。ホログラム素子 12 は、レーザアレイ光源から出射される各々のガウシアンプロファイル特性であるレーザ光を被照射部上で矩形状の均一照度の光束に変換させるように機能する。このホログラム素子 12 は、透過型振幅格子、透過型位相格子または透過型ブレース格子等により構成され、それぞれフォトレジストに干渉縞を焼き付けたり、機械的にダイヤモンドカッターでガラス板等の基板表面に溝を刻線する等して作製することができる。

【0013】ここで、図 2、図 3 を用いてホログラム素子 12 について説明する。図 2 は一つのレーザ光についてホログラム素子 12 上の照度分布を表す図であり、図 3 はホログラム素子 12 を介して照射される光束の被照射部 13 上の照度分布を表す図である。ホログラム素子 12 は、レーザアレイ光源から入射されるガウシアンプロファイルの照度分布（図 2）を有するレーザ光を、均一照度で矩形状の光束（図 3）に変換させる。ホログラム素子面上で入射光の微細な領域の照度を A とすると、この領域の光強度は $A \cdot S_A$ （ S_A は微細な領域の面積）となる。この光強度は、ホログラムの回折効率を 100% と仮定すると、被照射部 13 に照明された領域で照度 B（目標値）となるには

$B \cdot S_B = A \cdot S_A$ (光強度が変わらないため)

より、

$S_B = (A/B) \cdot S_A$

となる。

【0014】ホログラム素子面上のどの領域からも回折光が被照射部13で照度Bとなるために、各領域ごとに S_B が決まる。これらの S_B を被照射部13で並べて全体として矩形状になるように回折光の進行方向を決める。これより、ホログラム素子面の微細な領域ごとに格子方向と格子ピッチが決定される。本実施例では光源がレーザアレイ光源11であるため、ホログラムのパターンはレーザアレイ数と同じだけ必要となる。また、ホログラム素子12としては、レーザアレイ光のピッチと同じようにアレイ化されたホログラムが基板上に設置される。このホログラム素子12を用いることにより、各々のレーザ光は被照射部13で矩形形状の領域で照明される。この際、隣のレーザ光とは被照射部13で隙間無く接することが望ましい。

【0015】本実施例の構成によれば、ホログラム素子12以外にフライアイレンズのような照度均一化のための光学素子を用いないため、構成部品数が少なくなり照明光学系がコンパクトになる。また、フライアイレンズのような光束を分割して合成する光学系ではないので干渉縞が発生しない。さらに、レーザアレイ光源11の両端のレーザ光も被照射部13で均一照度の光束となるため、全てのレーザ光を被照射部13で利用でき光利用効率が高い。

【0016】(実施例2)次に請求項3に係る発明の実施例について説明する。図4は請求項3に係る発明の一実施例を示す図であって、(a)はレーザ照明光学系の概略平面構成図、(b)はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。このレーザ照明光学系は、複数のレーザ発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源21と平行光束化手段23とホログラム素子22からなり、符号13は被照射部を表している。この被照射部13は均一化された光束が照射される部分であり、露光装置では露光用マスク(レチクル)が、レーザ加工装置ではワークが、投射装置では空間光変調器(ライトバルブ)がこの被照射部に該当する。

【0017】レーザアレイ光源21は、複数のレーザ発光部として、複数のレーザ光源がアレイ状に配列されたものでも良いし、レーザバーのように複数のレーザ光源が集積化された光源であっても良い。また、複数のレーザ発振部がアレイ状に配列された半導体レーザアレイでも良い。ホログラム素子22は、実施例1で説明したホログラム素子と同様に、レーザアレイ光源21から出射される各々のガウシアンプロファイル特性であるレーザ光を被照射部13上で矩形形状の均一照度の光束に変換させるように機能する。また、本実施例では平行光束化手段23として、2次元のレンズパワーを有するレンズが

アレイ状に配列されたコリメートレンズアレイ23で構成している。

【0018】本実施例の構成によれば、ホログラム素子22以外にフライアイレンズのような照度均一化のための光学素子を用いないため、構成部品数が少なくなり照明光学系がコンパクトになる。また、フライアイレンズのような光束を分割して合成する光学系ではないので干渉縞が発生しない。さらに、レーザアレイ光源21の両端のレーザ光も被照射部13で均一照度の光束となるため、全てのレーザ光を被照射部で利用でき光利用効率が高い。また、平行光束化手段としてコリメートレンズアレイ23を有するため、レーザアレイ光源21の各レーザ光が比較的大きな広がり角を有していたとしてもホログラム素子22へ平行光束を入射させることができるため、ホログラムの設計が容易になり、かつ、ホログラム素子22の光軸方向の設置自由度を高くすることができる。

【0019】(実施例3)次に請求項4に係る発明の実施例について説明する。図5は請求項4に係る発明の一実施例を示す図であって、(a)はレーザ照明光学系の概略平面構成図、(b)はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。このレーザ照明光学系は、複数のレーザ発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源21と平行光束化手段31、32とホログラム素子22からなり、符号13は被照射部を表している。この被照射部13は均一化された光束が照射される部分であり、露光装置では露光用マスク(レチクル)が、レーザ加工装置ではワークが、投射装置では空間光変調器(所謂ライトバルブ)がこの被照射部に該当する。

【0020】レーザアレイ光源21は、複数のレーザ発光部として、複数のレーザ光源がアレイ状に配列されたものでも良いし、レーザバーのように複数のレーザ光源が集積化された光源であっても良い。また、複数のレーザ発振部がアレイ状に配列された半導体レーザアレイでも良い。ホログラム素子22は、実施例1で説明したホログラム素子と同様に、レーザアレイ光源21から出射される各々のガウシアンプロファイル特性であるレーザ光を被照射部13上で矩形形状の均一照度の光束に変換させるように機能する。また、本実施例では平行光束化手段23として、シリンドリカルレンズアレイ31とシリンドリカルレンズ32を用いているため、シリンドリカルレンズアレイ31は図5(b)の紙面上下方向の設置が容易になり、また、シリンドリカルレンズ32は図5(a)の紙面上で上下方向の設置許容が広がる。

【0021】本実施例の構成によれば、ホログラム素子22以外にフライアイレンズのような照度均一化のための光学素子を用いないため、構成部品数が少なくなり照明光学系がコンパクトになる。また、フライアイレンズのような光束を分割して合成する光学系ではないので干渉縞が発生しない。さらに、平行光束化手段23とし

て、シリンドリカルレンズアレイ 31 とシリンドリカルレンズ 32 を用いるため、レーザアレイ光源 21 の各レーザ光が比較的大きな広がり角を有していたとしてもホログラム素子 22 へ平行光束を入射させることができるため、ホログラムの設計が容易になり、かつ、ホログラム素子 22 の光軸方向の設置自由度を高くすることができる。また、レーザアレイ光源 21 の両端のレーザ光も被照射部 13 で均一照度の光束となるため、全てのレーザ光を被照射部 13 で利用できるため光利用効率が高い。

【0022】（実施例 4）次に請求項 5 に係る発明の実施例について説明する。図 6 は請求項 5 に係る発明の一実施例を示す図であって、(a) はレーザ照明光学系の概略平面構成図、(b) はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。このレーザ照明光学系は、複数のレーザ発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源 21 と平行光束化手段 23 と 2 組のホログラム素子 41 a, 41 b からなり、符号 13 は被照射部を表している。この被照射部 13 は均一化された光束が照射される部分であり、露光装置では露光用マスク（レチクル）が、レーザ加工装置ではワークが、投射装置では空間光変調器（所謂ライトバルブ）がこの被照射部に該当する。

【0023】レーザアレイ光源 21 は、複数のレーザ発光部として、複数のレーザ光源がアレイ状に配列されたものでも良いし、レーザバーのように複数のレーザ光源が集積化された光源であっても良い。また、複数のレーザ発振部がアレイ状に配列された半導体レーザアレイでも良い。また、本実施例では平行光束化手段 23 として、実施例 2（図 4）で説明した 2 次元のレンズパワーを有するレンズがアレイ状に配列されたコリメートレンズアレイを用いているが、実施例 3（図 5）で説明したシリンドリカルレンズアレイとシリンドリカルレンズの組合せで構成しても良い。また、平行光束化手段自体を省略することも可能である。

【0024】本実施例では、2 組のホログラム素子 41 a, 41 b を用いており、この 2 組のホログラム素子 41 a, 41 b は、1 枚のホログラム基板 41 の表裏に作製しているが、ホログラム素子 41 a, 41 b がそれぞれ形成された 2 枚のホログラム基板を使っても良い。図 6 ではホログラム基板 41 の表側のホログラム素子 41 a にレーザアレイ方向の光束を均一化させるホログラム、すなわち、図 6 (a) で紙面厚さ方向に回折格子が並んでいる。一方、レーザアレイ厚さ方向（レーザアレイ方向に垂直な方向）の均一化はホログラム基板 41 の裏側のホログラム素子 41 bで行っている。ホログラム素子 41 b の格子方向は図 6 (b) で紙面厚さ方向に並んでいる。尚、ホログラム基板 41 の表裏のホログラム素子 41 a, 41 b の配置は一例であって、本実施例とは逆の組み合わせであっても差し支えない。

【0025】本実施例の構成によれば、2 組のホログラム素子 41 a, 41 b 以外にフライアイレンズのような

照度均一化のための光学素子を用いないため、構成部品数が少なくなり照明光学系がコンパクトになる。特に図 6 に示すように 1 枚のホログラム基板 41 の表裏面に 2 組のホログラム素子 41 a, 41 b を設けた構成とした場合、照明光学系はより一層小型にすることができる。レーザアレイ光はレーザアレイ方向に垂直な方向を強度変換させるホログラム素子で対応するため基本的に被照射部で干渉縞が発生しない。さらに、平行光束化手段 23 を有する場合には、レーザアレイ光源 21 の各レーザ光が比較的大きな広がり角を有していたとしてもホログラム素子 41 a, 41 b へ平行光束を入射させることができるため、ホログラムの設計が容易になり、かつ、ホログラム素子の光軸方向の設置自由度を高くすることができる。また、レーザアレイ光源 21 の両端のレーザ光も被照射部 13 で均一照度の光束となるため、全てのレーザ光を被照射部 13 で利用できるため光利用効率が高い。さらに本実施例では、2 組のホログラム素子 41 a, 41 b を用いるため直線状のホログラムが良い。また、レーザアレイ方向とこれに直交する方向のホログラムは個別に設計できる。また、直線状のホログラムであるため電子ビーム描画などで作製しやすくなる。

【0026】（実施例 5）次に請求項 6 に係る発明の実施例について図 4 を参照して説明する。図 4 に示すレーザ照明光学系は、複数のレーザ発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源 21 と平行光束化手段 23 とホログラム素子 22 からなり、符号 13 は被照射部を表している。この被照射部 13 は均一化された光束が照射される部分であり、露光装置では露光用マスク（レチクル）が、レーザ加工装置ではワークが、投射装置では空間光変調器（所謂ライトバルブ）がこの被照射部に該当する。

【0027】レーザアレイ光源 21 は、複数のレーザ発光部として、複数のレーザ光源がアレイ状に配列されたものでも良いし、レーザバーのように複数のレーザ光源が集積化された光源であっても良い。また、複数のレーザ発振部がアレイ状に配列された半導体レーザアレイでも良い。また、本実施例では平行光束化手段 23 として、2 次元のレンズパワーを有するレンズがアレイ状に配列されたコリメートレンズアレイで構成しているが、平行光束化手段は無くても良い。

【0028】ホログラム素子 22 は一枚のホログラムによってレーザアレイ光源 21 の各レーザ光（図では各コリメート光）をガウシアンプロファイルから均一照度分布で矩形形状の光束に変換する。また、各矩形形状の光束は隣り合う光束と被照射部 13 で接するようになっている。

【0029】本実施例の構成によれば、照度均一化のためのホログラム素子 22 は一枚のみで構成するため、照明光学系の構成部品数が少なくなり照明系がコンパクトになる。また、フライアイ光学系のように光束を分割し

て合成する光学系ではないので干渉縞が発生しない。さらに、レーザアレイ光源の両端のレーザ光も被照射部 13 で均一照度の光束となるため、全てのレーザ光を被照射部 13 で利用でき光利用効率が高い。

【0030】（実施例 6）次に請求項 7 に係る発明の実施例について説明する。図 7 は請求項 7 に係る発明の一実施例を示す露光装置の概略構成図であり、図中の符号 100 はレーザアレイ光源、101 は実施例 1～5（請求項 1～請求項 6）のうちの何れか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系、102 は被照射部であるレチクル、103 は投影レンズ、104 は基板ステージである。

【0031】本実施例の露光装置では、レーザアレイ光源 100 からのレーザアレイ光は、レーザ照明光学系 101 によって被照射部であるレチクル 102 上で均一放射照度となる。レチクル 102 は半導体デバイスの製作工程でウエハー上に回路パターンを露光するために使用される露光用マスク（フォトマスク）のことであり、レチクル 102 のパターンは投影レンズ 103 によって基板ステージ 104 上に置かれたウエハーなどに露光される。また、基板ステージ 104 で露光位置を調整し、ウエハーの所望の位置を露光する。

【0032】本実施例の露光装置では、照明光学系に実施例 1～5（請求項 1～請求項 6）のうちの何れか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系 101 を用いるため、レチクル面上で干渉縞が発生せず、また、光利用効率の高い露光を行うことができる。従って、照明光学系の照度が均一で、レチクルなどへの光利用効率が高く照明性能の良好な露光装置を実現することができる。

【0033】（実施例 7）次に請求項 8 に係る発明の実施例について説明する。図 8 は請求項 8 に係る発明の一実施例を示すレーザ加工装置の概略構成図であり、図中の符号 100 はレーザアレイ光源、101 は実施例 1～5（請求項 1～請求項 6）のうちの何れか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系、105 はレンズ、106 はワークである。

【0034】本実施例のレーザ加工装置では、レーザアレイ光源 100 からのレーザ光を実施例 1～5（請求項 1～請求項 6）のうちの何れか一つに記載のレーザ照明光学系で均一ビームに変換し、レンズ 105 でワーク 106 に縮小または拡大して照射される。集光スポットではワーク 106 の表面加工や切断加工ができる。また、レンズ 105 を投影レンズに置きかえるか、もしくは被照射部を直接ワークとする配置では、ワーク 106 の広い範囲にわたって均一照明できるため、レーザアニールとしても利用することができる。

【0035】本実施例の露光装置では、照明光学系に実施例 1～5（請求項 1～請求項 6）のうちの何れか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系 101 を用いるため、ワーク上で干渉縞が発生せず、また、光利用効率

が高い。このため、良好なレーザ加工やレーザアニールを行うことができる。したがって、照明光学系の照度が均一で、干渉縞がなく照度均一性や光利用効率が高いレーザ加工装置を実現することができる。

【0036】（実施例 8）次に請求項 9 に係る発明の実施例について説明する。図 9 は請求項 9 に係る発明の一実施例を示す投射装置の概略構成図である。本実施例の投射装置は、レーザアレイ光源 100r、100g、100b と、実施例 1～5（請求項 1～請求項 6）のうちの何れか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系 110r、110g、110b と、色合成手段 113 と、空間変調器（ライトバルブ）114 と、投射レンズ 115 で構成されている。また、符号 116 はフィールドレンズで、ライトバルブ 114 からの画像光を効率良く投射レンズ瞳に入れるために用いるが、必ずしも必要ではない。尚、色合成手段 113 としてはダイクロイックプリズムやダイクロイックミラーを用いることができる。

【0037】本実施例では、レーザ照明光学系 110r、110g、110b は、例えば平行光束化手段 111r、111g、111b とホログラム素子 112r、112g、112b で構成されている。すなわち本実施例では、前述の通り、ホログラム素子 112r、112g、112b でレーザアレイ光源 100r、100g、100b のアレイ厚さ方向（アレイ直交方向）の強度分布を変換し、アレイ方向は所定のピッチで隣接ビームを重ね合わせて照度均一化させる。このレーザ照明光学系 110r、110g、110b を使えば被照射部であるライトバルブ 114 面で干渉縞が発生しない均一照明を行うことができる。また、ホログラム素子 112r、112g、112b は図 9 の紙面厚さ方向（紙面に垂直方向）の強度均一化だけ行い、ホログラム素子 112r、112g、112b と色合成手段 113 の間にレンズアレイを用いても良い。

【0038】レーザ照明光学系 110r、110g、110b からの光束は色合成手段 113 に入射し、色合成手段 113 で赤（R）、緑（G）、青（B）の 3 色のレーザ光が合成される。この 3 色の合成光でライトバルブ 114 が照明され、ライトバルブ 114 で空間変調された画像は投射レンズ 115 でスクリーン（図示を省略）に投影される。ライトバルブ 114 としては、例えば液晶素子を用いることができる。また、図 9 では透過型のライトバルブを図示しているが、反射型のライトバルブを用いて照明光と投射光を偏光ビームスプリッタで分岐するように構成しても良い。

【0039】また、本実施例では単板のライトバルブ 114 を使っているが、3 つのライトバルブを使うようにしても良い。図示しないが、3 板式の場合には、一つのレーザアレイ光源とレーザ照明光学系の被照射部にライトバルブを配置し、3 つのライトバルブからの画像光を色合成手段（例えばダイクロイックプリズム）で合成し

て投射レンズでスクリーンに投影させる。

【0040】本実施例の投射装置では、光源がレーザアレイ光源であるため、個々のレーザパワーが小さくてもアレイ数を多くすることにより高出力にできる。また、本実施例のように、レーザアレイ光源のレーザアレイ厚さ方向（アレイ直交方向）の光束をホログラム素子 112r, 112g, 112b で強度分布を変換させる場合、ライトバルブ 114 上で干渉縞の発生しない均一照明ができるため、明るくて表示品質の高い投射装置を実現することができる。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1 記載のレーザ照明光学系では、少なくとも、複数のレーザ光を出射するレーザアレイ光源と、該レーザアレイ光源と被照射部との間に配設され前記レーザアレイ光源から出射される各々のレーザ光を矩形形状の均一照度の光束に変換して前記被照射部に照射するホログラム素子とを有することを特徴としており、レーザアレイ光をホログラム素子により均一照度で矩形形状の光束にして被照射部に照射するので、被照射部で干渉縞が発生しにくく、コンパクトで光利用効率が高い照明光学系になる。また、請求項 2 記載のレーザ照明光学系では、請求項 1 の構成に加えて、前記レーザアレイ光源から出射される各々のレーザ光は、前記ホログラム素子によってガウシアンプロファイル特性の光束から矩形形状の均一強度の光束に変換され、かつ、被照射部上で隣接して照明されることを特徴としており、レーザアレイ光をホログラム素子により均一照度で矩形形状の光束にして被照射部で隣接光束と並ぶように照明するため、被照射部で干渉縞が発生しにくく、コンパクトで光利用効率が高い照明光学系になる。従って請求項 1, 2 に係る発明によれば、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能と光利用効率を向上させることができ、照度の均一化を図ることができるレーザ照明光学系を実現することができる。

【0042】請求項 3 記載のレーザ照明光学系では、請求項 1 または 2 の構成に加えて、前記レーザアレイ光源と前記ホログラム素子の間に、前記レーザアレイ光源から出射される各々のレーザ光を平行光束化する平行光束化手段を有することを特徴としており、レーザアレイ光をホログラム素子により均一照度で矩形形状の光束にして被照射部で隣接ビームと並ぶように照明するため、被照射部で干渉縞が発生しにくく、コンパクトで光利用効率が高い照明光学系になる。また、平行光束化手段を用いるため、ホログラム素子の設置が楽になる。従って請求項 3 に係る発明によれば、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への光利用効率を高め、広がり角の大きいレーザ光源であっても被照射部への照明性能をさらに向上させることができるレーザ照明光学系を実現することができる。

【0043】請求項 4 記載のレーザ照明光学系では、請求項 3 の構成に加えて、前記平行光束化手段は、シリンドリカルレンズアレイとシリンドリカルレンズで構成されることを特徴としており、レーザアレイ光をホログラム素子により均一照度で矩形形状の光束にして被照射部で隣接ビームと並ぶように照明するため、被照射部で干渉縞が発生しにくく、コンパクトで光利用効率が高い照明光学系になる。また、シリンドリカルレンズとシリンドリカルレンズによる平行光束化手段を用いるため、ホログラム素子の設置が楽になり、平行光束化手段の設置許容も高い。従って請求項 4 に係る発明によれば、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への光利用効率を高め、広がり角の大きいレーザ光源であっても被照射部への照明性能をさらに向上させること、また、平行光束化手段の設置許容を高くすることができるレーザ照明光学系を実現することができる。

【0044】請求項 5 記載のレーザ照明光学系では、請求項 1～4 の何れか一つの構成に加えて、前記ホログラム素子は、2 組のホログラム素子で構成され、これらのホログラム素子は互いに格子方向が直交する直線状の格子であることを特徴としており、レーザアレイ光をホログラム素子により均一照度で矩形形状の光束にして被照射部で隣接ビームと並ぶように照明するため、被照射部で干渉縞が発生しにくく、コンパクトで光利用効率が高い照明光学系になる。また、直線状のホログラム素子 2 枚で構成するため、ホログラムの作製が容易になる。従って請求項 5 に係る発明によれば、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への光利用効率と照明性能を向上させ、かつ、ホログラム素子の設計および作製を容易にすることができるレーザ照明光学系を実現することができる。

【0045】請求項 6 記載のレーザ照明光学系では、請求項 1～4 の何れか一つの構成に加えて、前記ホログラム素子は 1 枚のみで構成されたことを特徴としており、レーザアレイ光をホログラム素子により均一照度で矩形形状の光束にして被照射部で隣接ビームと並ぶように照明するため、被照射部で干渉縞が発生しにくい。さらに、ホログラム素子を 1 枚で構成するため、光利用効率が高く、構成部品数も少なくなり照明光学系が簡素になる。従って請求項 6 に係る発明によれば、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への光利用効率と照明性能を向上させ、かつ、照明光学系を簡素にすることができるレーザ照明光学系を実現することができる。

【0046】請求項 7 記載の露光装置では、請求項 1～6 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系と、投影レンズを備えたことを特徴としており、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束を変調ピッチのホログラム素子でビームプロファイルを変換させるため、レチクル面で干渉縞が発生しにくく照明性能が良い露光装置となる。従

って請求項 7 に係る発明によれば、照明光学系の照度が均一で、レチクルなどへの光利用効率が高く照明性能の良好な露光装置を実現することができる。

【0047】請求項 8 記載のレーザ加工装置では、請求項 1～6 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系と、レンズを備えたことを特徴としており、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束を変調ピッチのホログラム素子でビームプロファイルを変換させるため、ワーク上で干渉縞が発生しにくく照明性能が良いレーザ加工装置となる。従って請求項 8 に係る発明によれば、照明光学系の照度が均一で、干渉縞がなく照度均一性や光利用効率が高いレーザ加工装置を実現することができる。

【0048】請求項 9 記載の投射装置では、請求項 1～6 の何れか一つに記載のレーザ照明光学系と、色合成手段と、空間変調器（ライトバルブ）と、投射レンズを備えたことを特徴としており、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束を変調ピッチのホログラム素子でビームプロファイルを変換させるため、ライトバルブ面で干渉縞が発生しにくく照明性能が良い投射装置となる。従って請求項 9 に係る発明によれば、照明光学系の照度が均一で、空間変調器（ライトバルブ）上で干渉縞が発生せず照明性能が良好な投射装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】請求項 1, 2 に係る発明の一実施例を示す図であって、(a) はレーザ照明光学系の概略平面構成図、(b) はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。

【図 2】レーザアレイ光源から出射される一つのレーザ光についてホログラム素子上の照度分布を表す図である。

【図 3】ホログラム素子を介して照射される光束の被照射部上の照度分布を表す図である。

【図 4】請求項 3 に係る発明の一実施例を示す図であって、(a) はレーザ照明光学系の概略平面構成図、(b) はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。

【図 5】請求項 4 に係る発明の一実施例を示す図であって、(a) はレーザ照明光学系の概略平面構成図、

(b) はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。

【図 6】請求項 5 に係る発明の一実施例を示す図であって、(a) はレーザ照明光学系の概略平面構成図、

(b) はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。

【図 7】請求項 7 に係る発明の一実施例を示す露光装置の概略構成図である。

【図 8】請求項 8 に係る発明の一実施例を示すレーザ加工装置の概略構成図である。

【図 9】請求項 9 に係る発明の一実施例を示す投射装置の概略構成図である。

【符号の説明】

11, 21: レーザアレイ光源

12, 22, 41a, 41b: ホログラム素子

13: 被照射部

23: コリメートレンズアレイ（平行光束化手段）

31: シリンドリカルレンズアレイ（平行光束化手段）

32: シリンダーレンズ（平行光束化手段）

41: ホログラム基板

100: レーザアレイ光源

100r, 100g, 100b: レーザアレイ光源

101: レーザ照明光学系

102: レチクル（露光用マスク）

103: 投影レンズ

104: 基板ステージ

105: レンズ

106: ワーク

110r, 110g, 110b: レーザ照明光学系

111r, 111g, 111b: 平行光束化手段

112r, 112g, 112b: ホログラム素子

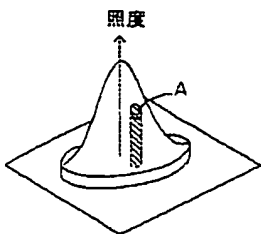
113: 色合成手段

114: 空間変調器（ライトバルブ）

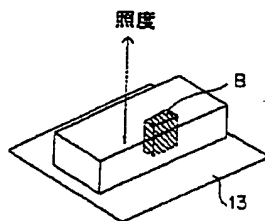
115: 投射レンズ

116: フィールドレンズ

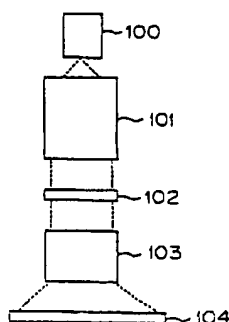
【図 2】



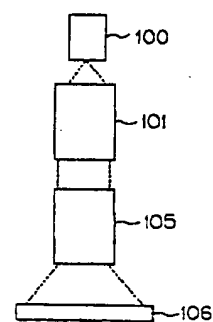
【図 3】



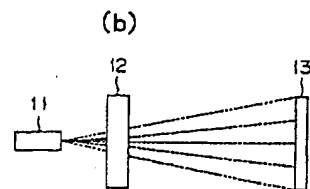
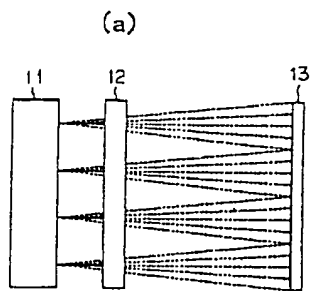
【図 7】



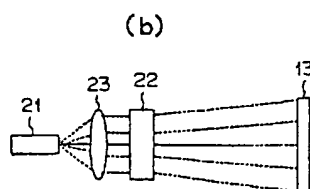
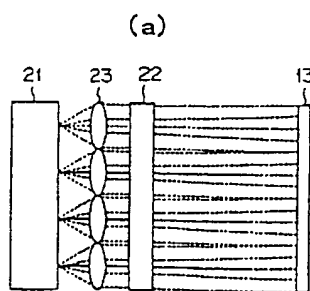
【図 8】



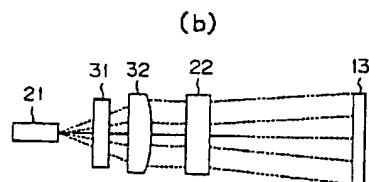
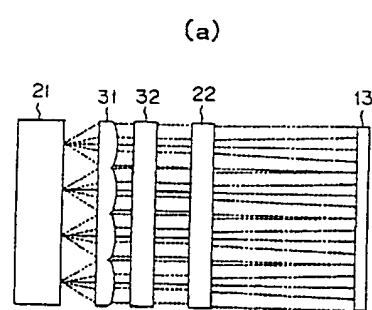
【図 1】



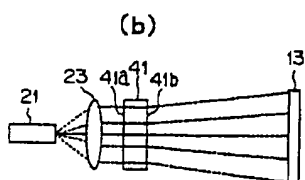
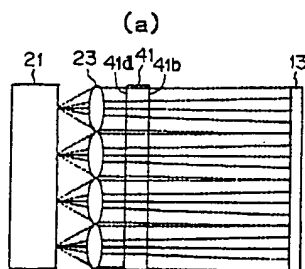
【図 4】



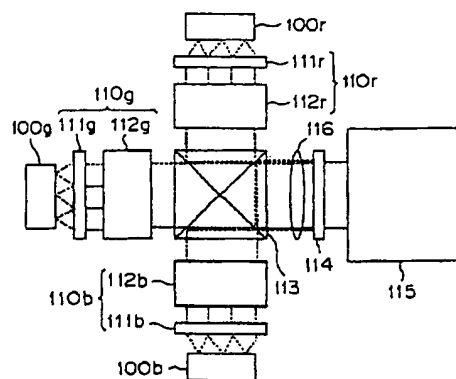
【図 5】



【図 6】



【図 9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テマコード (参考)

G 0 3 F 7/20

5 0 5

G 0 2 B 27/00

E

H 0 1 L 21/027

V

H 0 4 N 5/74

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

(72) 発明者 加藤 幾雄

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号・株式
会社リコー内

(72) 発明者 滝口 康之

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号・株式
会社リコー内

(72) 発明者 逢坂 敬信

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号・株式
会社リコー内

F ターム(参考) 2H049 CA05 CA08 CA09 CA15 CA18
2H097 AA03 BA10 BB01 BB10 CA03
CA06 CA17 LA10 LA20
2K103 AA05 BA02 BA11 BC26 BC32
5C058 BA33 EA05 EA11 EA26 EA51
5F046 CA03 CB01 CB12 CB14 CB23